

### 凍結融解による岩石の物性変化

(独)土木研究所寒地土木研究所○正会員 日下部祐基

(独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 伊東 佳彦

#### 1. はじめに

本研究では、これまでに岩盤の経年劣化の評価方法を確立することを目的に、岩石の凍結融解試験を行って経時的な劣化による強度低下について検討<sup>1)</sup>してきた。ここでは、軟岩を含めた強度的に広範囲な岩石の凍結融解に起因する、動弾性係数などの物性の変化傾向について調査したので報告する。

#### 2. 岩石試料および試験

試験に用いた岩石試料の初期物理力学特性値、および凍結融解最終サイクル数を表-1に示す。これらの試料は、これまでの研究<sup>1)2)3)</sup>で強度劣化の検討に用いたものと同様であり、一軸圧縮強さの最大値が61.8MPa(水砕破砕岩、喜茂別町)、最小値が0.8MPa(凝灰質砂岩、鹿部)で、軟岩を中心として硬岩を含む。実施した試験は、各試料複数の供試体を用意して凍結融解試験を行い、任意サイクル数終了後に一軸圧縮強さ、超音波伝播速度、質量減少率などを求めた。なお、凍結融解後の供試体で一軸圧縮強さや超音波伝播速度が測定不可になったものがあるため、各データとも欠損しているものがある。

#### 3. 試験結果と考察

以下のデータの検討では、岩石グループ別の影響を見るために堆積岩に分類されたものとそれ以外に分類されたものに分けて整理した。また、物理特性による分類として、過去の研究<sup>2)</sup>より岩盤路床の可否判定の指標とした吸水率6%を境界に分類した。

##### 3.1 岩石グループ・吸水率別凍結融解サイクル数と物性変化

図-1に岩石グループ別・吸水率別の凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係を示す。岩石グループ別で見ると、堆積岩に分類されたものはそれ以外の岩石グループと比較して吸水率6%以上・以下とも凍結融解サイクル数の増加に対して相対動弾性係数の低下が大きいことが分かる。このことから、堆積岩の方が凍結融解の影響を受けやすいと考えられる。

表-1 初期物理力学特性値および凍結融解最終サイクル数

No.	試料名 (採取地層名・岩種)	岩石 グループ	採取地	吸水率 (%)	飽和密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (km/sec)	S波速度 (km/sec)	一軸圧縮強さ (MPa)	凍結融解最終 サイクル数 (回)
1	春採層 砂岩1	堆積岩	釧路町	5.62	2.45	2.32	3.43	1.79	31.1	186
2	春採層 砂岩2	〃	〃	5.08	2.52	2.40	3.60	1.72	35.1	300
3	雄別層 砂岩	〃	〃	10.42	2.32	2.10	1.26	0.51	6.7	106
4	天寧層 炭質泥岩	〃	〃	7.67	2.21	2.05	2.42	0.85	6.7	32
5	天寧層 礫岩2	〃	〃	2.33	2.62	2.56	4.78	2.45	33.4	300
6	天寧層 砂岩	〃	〃	7.81	2.40	2.22	2.28	1.12	14.7	50
7	春日層 火山礫凝灰岩	火砕岩	赤井川	14.31	2.10	1.83	2.43	1.14	9.3	54
8	春日層 風化安山岩	火山岩	〃	4.77	2.47	2.35	3.86	1.86	32.8	200
9	春日層 安山岩	〃	〃	2.25	2.60	2.55	4.71	2.21	60.0	300
10	館層 粗粒砂岩	堆積岩	乙部	24.63	1.99	1.60	2.66	1.31	8.1	13
11	館層 細粒砂岩	〃	〃	33.00	1.86	1.40	2.31	1.07	9.4	6
12	流紋岩質凝灰岩	火砕岩	鹿部	14.43	2.08	1.82	2.70	1.50	12.5	37
13	凝灰質砂岩	〃	〃	27.09	1.95	1.54	1.22	0.59	0.8	6
14	蝦夷層群 砂岩	堆積岩	芦別	2.11	2.58	2.53	4.26	2.14	58.5	300
15	川端層 砂岩1	〃	厚真	6.22	2.41	2.27	2.80	1.35	11.0	40
16	川端層 砂岩2	〃	〃	7.07	2.41	2.25	2.71	1.39	26.1	40
17	美笛層 風化安山岩1	火山岩	岩内	5.17	2.48	2.36	4.52	2.22	26.6	300
18	水砕破砕岩	火砕岩	喜茂別	3.49	2.25	2.17	4.32	2.21	61.8	300
19	舌辛層 砂質泥岩	堆積岩	阿寒町	14.60	2.23	1.96	1.75	0.63	2.5	5

キーワード 凍結融解、岩石、劣化

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1775

### 3. 2 岩石グループ・吸水率別強さ比と物性値

図-2に任意凍結融解サイクル後の一軸圧縮強さと初期圧縮強さの比を強さ比として、相対動弾性係数との関係を示す。岩石グループ・吸水率別に傾きは異なるが、これまでも示した<sup>3)</sup>ように、両関係には正の比例関係が認められ、相対動弾性係数が岩石の強度低下を推定する指標となる可能性を示唆している。

### 3. 3 凍結融解試験前後の物性変化の傾向

図-3に一軸圧縮強さと動弾性係数の関係を岩石グループ別に凍結融解試験前と後に分けて示す。岩石グループ別で関係が異なっていることがわかり、さらに自然状態を示す試験前の傾向は、試験後の傾向と異なる。既往の研究<sup>4)</sup>では、熔結凝灰岩について動弾性係数に關係するP波速度と一軸圧縮強さの關係に同様な傾向を見いだしており、今回の傾向はこれに合致している。ただし、動弾性係数のデータは、試験前と後で条件が異なっている。すなわち、試験前の試験条件は、自然状態の供試体を測定しているため、飽和されていないのに対して、試験後の供試体は水浸されていることから飽和状態になっている。

凍結融解試験後の供試体では、水浸前と後の動弾性係数を測定している。その関係を調査した結果、ほぼ 1:1 の関係にあることから、大きな影響はないと考える。

### 4. まとめ

- 1) 岩石グループ別・吸水率別の凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係では、堆積岩の方がそれ以外の岩石グループに比べて凍結融解の影響を受けやすいと考えられた。
- 2) 岩石グループ別・吸水率別の強さ比と相対動弾性係数の関係には正の比例関係が認められ、相対動弾性係数が岩石の強度低下を推定する指標となる可能性が示唆された。
- 3) 岩石の自然状態と凍結融解試験後の変化傾向として、一軸圧縮強さと動弾性係数の関係を岩石グループ別に凍結融解試験前と後に別けて検討した結果、岩石グループ別で関係が異なっていることがわかり、さらに自然状態を示す試験前の変化傾向が、試験後のそれと異なっていることが示された。

参考文献 1) 日下部祐基, 伊東佳彦, 坂本多郎: 岩石の凍結融解による強度劣化の推定法に関する検討, 寒地土木研究所月報, No.681, pp11-20, 2010. 2) 日下部祐基, 伊東佳彦, 坂本多郎: 岩盤路床の長期安定性に関する判定法の研究, 寒地土木研究所月報, No.678, pp10-16, 2009. 3) 伊東佳彦, 日下部祐基, 井上豊基: 凍結融解による岩石劣化の凍結温度の影響に関する研究 (その2), 第48回地盤工学会発表会, pp1035-1036, 2015. 4) 根岸正充: P波により岩盤のせん断強度を推定する試法, 寒地土木研究所, 土木試験所報告, No.75, pp7~21, 1981.

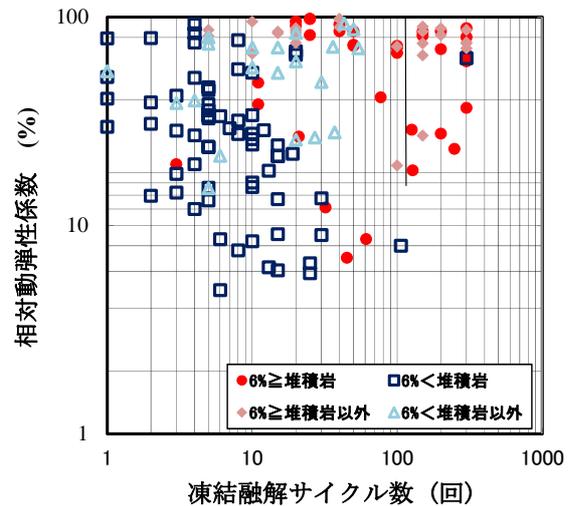


図-1 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数

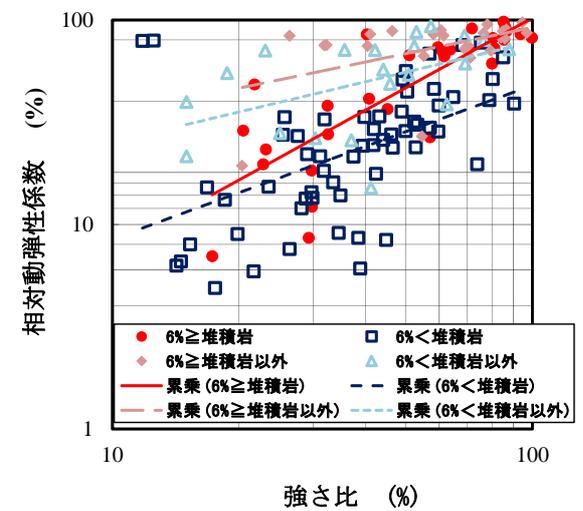


図-2 強さ比と相対動弾性係数

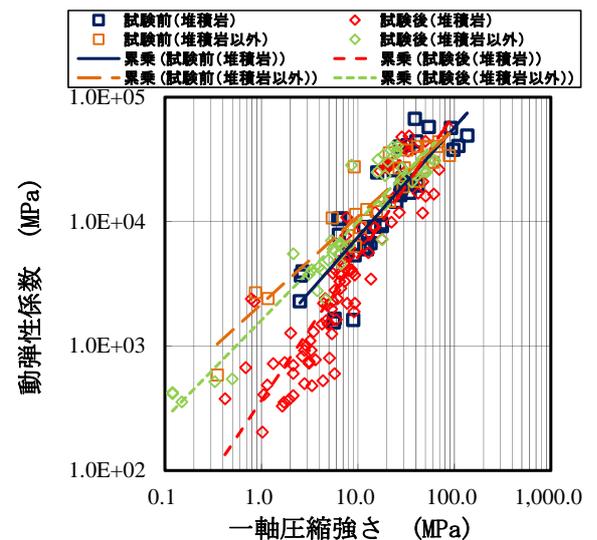


図-3 一軸圧縮強さと動弾性係数